

# FOCUS

## COMPONENTI E SISTEMI PER MACCHINE AGRICOLE

SMART FARMING,  
PRECISION AGRICULTURE  
E DIGITALIZZAZIONE SONO  
GLI STRUMENTI PER  
UN'AGRICOLTURA  
PIÙ EFFICIENTE, REDDITIZIA E  
SOSTENIBILE  
E L'ELETTRIFICAZIONE  
DELLE DRIVELINE  
DEI TRATTORI AGRICOLI  
E DEGLI IMPLEMENT RIVESTE  
UN RUOLO FONDAMENTALE

Carlo Gorla



Elettrificazione,  
smart farming,  
**precision  
agriculture**



«L'IMPATTO  
DELL'ELETTRIFICAZIONE  
DELLE TRASMISSIONI  
AGRICOLE  
SUI SETTORI  
DEGLI INGRANAGGI  
E DEI COMPONENTI  
MECCANICI  
DI TRASMISSIONE  
PRESENTA ANALOGIE  
CON L'AUTOMOTIVE»

**A**nche il settore Agroalimentare, o Agrifood, che comprende le attività agricole, di trasformazione, trasporto e commercializzazione riguardanti i prodotti destinati all'alimentazione delle persone, sta rapidamente evolvendo sotto la spinta dell'avanzamento tecnologico e della digitalizzazione. È un settore importante dell'economia italiana, per il quale il Politecnico di Milano ha istituito, con la collaborazione dell'**Università di Brescia**, l'Osservatorio Smart AgriFood. In un contesto in rapida evoluzione, le indagini sistematiche, in grado di coinvolgere in larga misura i soggetti interessati, consentono di mettere in luce l'effettivo potenziale delle tecnologie innovative in campo e lungo l'intera filiera e di verificare l'impatto della trasformazione digitale. "Agroalimentare 4.0; il ruolo del digitale nell'industria agro-alimentare italiana" è un'indagine che si propone di fare chiarezza sulle tecnologie adottate oggi dal-

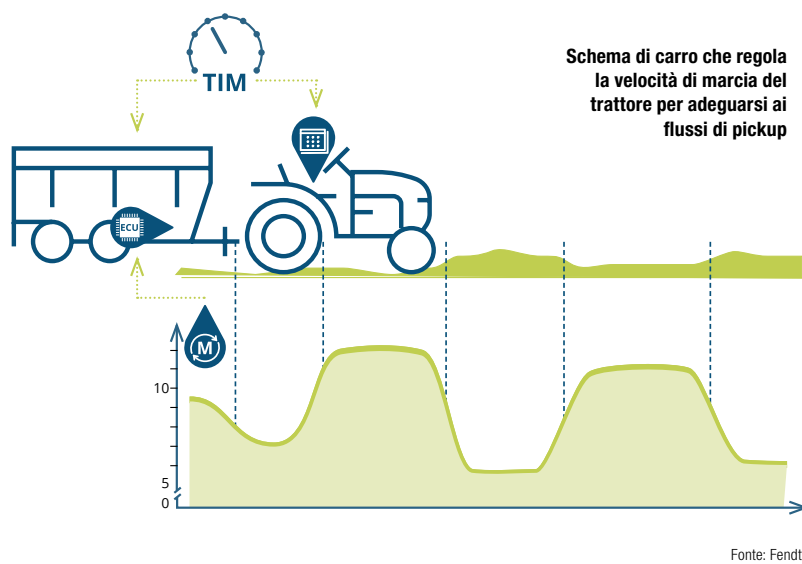
le aziende, mettendo in luce i benefici riscontrati e i bisogni che l'innovazione è chiamata a soddisfare. In un contesto che interessa l'intera filiera produttiva, anche le macchine agricole evidentemente, dai trattori alle attrezzature, o implement, destinate allo svolgimento delle specifiche lavorazioni in campo, contribuiscono in modo significativo all'innovazione tecnologica di Agricoltura 4.0.

### Trattori per lo smart farming

Le aziende agricole in calo numerico e la popolazione da nutrire in continua crescita chiedono all'agricoltura di essere sempre più efficiente. Smart farming, precision agriculture e Agricoltura 4.0 sono i termini utilizzati per descrivere gli strumenti e le azioni che consentono di impiegare le tecnologie ICT per rendere la produzione più efficiente e sostenibile. Internet of Things, sistemi di posizionamento geografico, Big Data, Intelligenza artificiale, sensori e attuatori, veicoli di nuova concezione, autonomi e connessi, droni ne sono gli ingredienti.

# FOCUS

## COMPONENTI E SISTEMI PER MACCHINE AGRICOLE



«ANCHE NEL CAMPO DEGLI ORGANI DI TRASMISSIONE PER LE MACCHINE AGRICOLE SONO IN ATTO SVILUPPI CHE PREMIERANNO LE AZIENDE IN GRADO DI TENERE IL PASSO DELL'INNOVAZIONE»

I benefici attesi e conseguiti investono gli aspetti economici, operativi ed ambientali. Con l'agricoltura di precisione si possono infatti ridurre i costi dei macchinari e della manodopera, della manutenzione, dei combustibili e dei lubrificanti. Ma anche i fertilizzanti e i prodotti fitosanitari possono essere usati con più parsimonia, impiegandone quantità adeguate alle esigenze della singola posizione, così come si può irrigare riducendo il consumo di acqua, non solo per abbattere i costi ma anche con evidenti ricadute in termini di sostenibilità ambientale, di conservazione della biodiversità, di riduzione dei rischi per la salute e di miglioramento della qualità del prodotto. Anche la gestione aziendale e dei macchinari si semplifica e diventa più facile ed immediato rispondere ai requisiti di certificazione e di tracciabilità dei prodotti.

L'esecuzione delle lavorazioni agricole richiede il controllo ottimale e coordinato nell'utilizzo della trattoria e delle attrezzature. Ad esempio, nelle lavorazioni con più sezioni, come nella semina con spargimento di concime e irrorazione, è fondamentale che tutta l'area da coltivare, talvolta di forma complessa, sia coperta senza lasciare spazi vuoti o creare sovrapposizioni. Bisogna pertanto se-

guire i percorsi con accuratezza e accendere e spegnere gli attrezzi nel momento giusto. Quando il gruppo motrice-attrezzo trainato è lungo, diventa difficile ottenere la corretta sincronia e tanto più gli attrezzi sono larghi quanto più si possono avere sovrapposizioni o doppie semine, con i conseguenti sprechi. Solo se i trattori e gli attrezzi sono in grado di comunicare tra di loro, le funzionalità elettroniche possono essere sfruttate appieno e rendere smart le macchine agricole. La capacità di comunicare tra trattori e implementi di produttori diversi ha portato alla standardizzazione della trasmissione dei dati con il sistema ISOBUS basato sulla norma ISO 11783, grazie al quale tutti i segnali sono scambiati in formato standardizzato, in modo che qualsiasi macchinario possa essere collegato ad un trattore con l'utilizzo di un unico terminale.

Grazie a un numero sempre maggiore di applicazioni e integrazioni con sistemi GPS e sensori sempre più precisi, è oggi possibile automatizzare e tracciare ogni lavorazione in campo.

Con un terminale universale si può utilizzare un attrezzo su qualsiasi terminale così come con lo stesso terminale si possono controllare più attrezzi.

Il computer di bordo del trattore fornisce i dati, come la velocità e la posizione, e li condivide con gli attrezzi coinvolti, cosicché questi ultimi possano controllare alcune funzioni del trattore. La sottosezione in funzione può essere cambiata in modo automatico e tutti i dati del lavoro svolto possono essere raccolti e archiviati, comprensivi dell'informazione sulla posizione. Si possono così ottenere semine con perfetto allineamento delle file, senza sovrapposizioni, con precisione del dosaggio e della profondità, utilizzando schemi di semina complessi, variare la dose in funzione della posizione, sulla base delle caratteristiche e della fertilità del suolo, massimizzando in ultimo la resa finale. Nella concimazione, grazie alla distribuzione a rateo variabile abbinata al GPS, il fertilizzante può essere distribuito in modo mirato, pun-

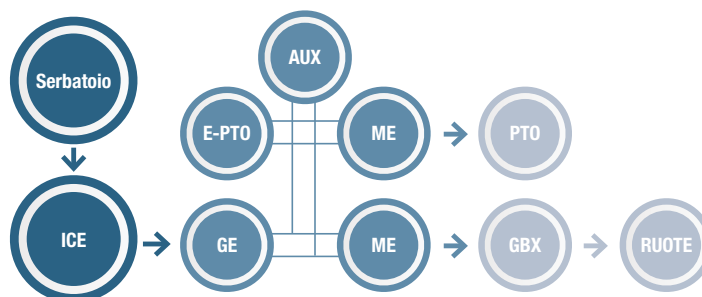
to per punto, sulla base di opportune mappe di prescrizione. I principali produttori di trattori agricoli forniscono oggi soluzioni per l'agricoltura smart, personalizzate per agricoltori e contoterzisti. In breve: più efficienza, perché con le tecnologie di precisione si lavora più rapidamente, meno costi, grazie a semine, concimazioni e trattamenti più accurati, più raccolto. Anche in ambito agricolo, il condition monitoring è un mezzo efficace per incrementare la disponibilità delle macchine e delle attrezzature, grazie alla raccolta di dati per il singolo componente e l'intero sistema e all'elaborazione e determinazione dei parametri di processo e delle condizioni dei macchinari, per prevedere piani di manutenzione ottimali.

## Elettrificazione

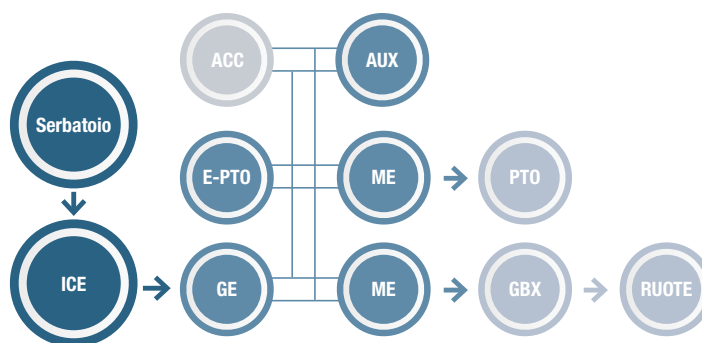
Anche l'elettrificazione delle trasmissioni dei trattori agricoli e delle attrezzature può essere collocata nel contesto generale dello smart farming. L'elettrificazione può essere concepita ed attuata con diversi livelli. Il primo è rappresentato dall'elettrificazione degli ausiliari del motore a combustione interna (ICE). In altri termini, gli ausiliari, quali ad esempio le pompe per l'idraulica, i compressori dell'impianto frenante e di condizionamento, la ventola di raffreddamento del radiatore, possono essere azionati elettricamente invece che essere collegati meccanicamente al motore. Sebbene questo comporti una trasformazione della potenza da meccanica a elettrica e nuovamente a meccanica, con le inevitabili perdite, si può ritenere, come più studi hanno evidenziato, che esse siano più che compensate dalla maggiore efficienza conseguibile rendendo indipendente la velocità degli accessori da quella del motore, perfino spegnendoli quando non necessari. Non solo l'efficienza, ma anche la funzionalità se ne avvantaggia, come ad esempio avviene se si può aumentare la velocità del compressore quando serve portare rapidamente in pressione il sistema pneumatico di frenatura o raffreddare la cabina in tempi brevi; oppure, grazie alla ventola azionata a velocità indipendente, si può migliorare il controllo della temperatura del motore e quindi lavorare stabilmente a temperature elevate, ancora una volta con ricadute positive sull'efficienza.

Un secondo step è costituito dall'elettrificazione degli implementi. I vantaggi che si ottengono consistono nella possibilità di realizzare configurazioni più flessibili, grazie all'eliminazione dei vincoli meccanici, nella riduzione dei componenti meccanici stessi e nel miglioramento delle prestazioni e dell'efficienza, in virtù del controllo indipendente della velocità, sia dal motore ICE che da quel-

## SCHEMA DI ARCHITETTURA DIESEL-ELETTRICO



## SCHEMA DI IBRIDO-ELETTRICO IN SERIE



la di avanzamento, sia tra le diverse funzioni dello stesso attrezzo.

Il livello successivo è l'elettrificazione del powertrain, inteso come elettrificazione delle funzioni primarie, ovviamente non solo della trazione ma anche delle attrezzature, della PTO e del sollevatore.

Ciò può essere realizzato con diverse tipologie di architettura, puramente elettriche o ibride-elettriche.

Iniziando dalle architetture in serie, la prima configurazione è rappresentata dalla soluzione diesel-elettrica, che non necessita di un sistema di accumulo. In questo caso il motore ICE aziona un generatore elettrico in grado poi di alimentare i motori elettrici per la trazione, realizzando così un E-CVT, e della PTO meccanica. Naturalmente risultano automaticamente realizzabili anche la PTO elettrica e l'azionamento elettrico degli accessori. Pur avendo la doppia conversione di potenza, il completo disaccoppiamento del ICE dal carico e dei carichi tra di loro consente di massimizzare il rendimento dell'ICE, l'efficienza e la funzionalità.

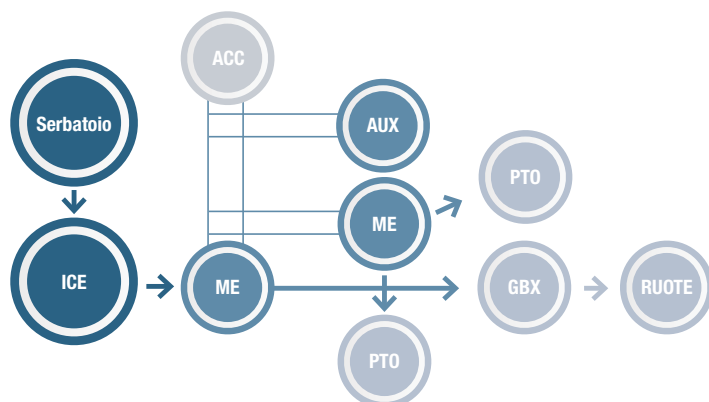
Rimanendo nella disposizione in serie ed integrando an-



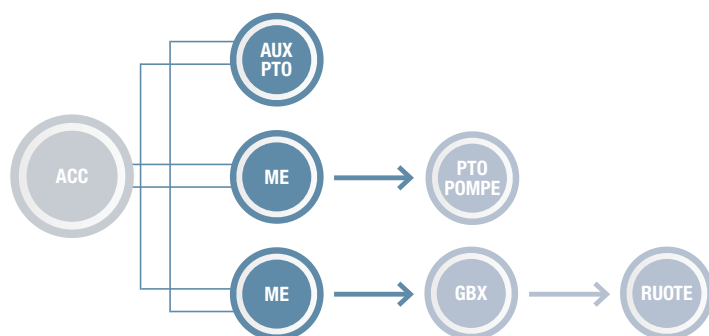
# FOCUS

## COMPONENTI E SISTEMI PER MACCHINE AGRICOLE

### SCHEMA DI IBRIDO-ELETTRICO IN PARALLELO



### SCHEMA DI POWERTRAIN FULL ELETTRICO



che un sistema di accumulo bidirezionale, come una batteria, si realizza un powertrain ibrido-elettrico che aggiunge alle potenzialità precedenti il recupero di energia in frenatura e la possibilità di attuare logiche di gestione delle due fonti di energia (combustibile e energia accumulata) finalizzate all'incremento dell'efficienza energetica e al downsizing dell'ICE, derivante dalla possibilità di integrare la potenza fornita dal motore con quella prelevata dall'accumulo in corrispondenza delle punte. Gli effettivi benefici conseguibili con il recupero di energia dipendono però evidentemente dalle applicazioni previste per la tipologia e taglia di macchina considerata, non potendo essere significativi per macchine prevalentemente destinate a lavorazioni il cui ciclo di lavoro prevede solamente la trazione, come nel caso dell'aratura.

Nelle architetture parallele, il motore ICE è collegato meccanicamente alla trasmissione principale e della presa di forza meccanica. Tuttavia, la potenza può essere prelevata anche per azionare in parallelo anche una macchina elettrica, mediante la quale il motore può caricare il dispositivo di accumulo. Anche con queste configurazioni, si disaccoppiano il motore dal carico e i carichi tra di loro, con i consueti benefici in termini di rendimento del motore, efficienza e funzionalità; si ha inoltre la possibilità di utilizzare logiche di gestione delle fonti con l'obiettivo di massimizzare l'efficienza e di ridurre la taglia del ICE. A questa tipologia di architettura appartengono anche layout più complessi, come quelli che utilizzano trasmissioni differenziali elettrico-meccaniche, con percorsi paralleli dei flussi di potenza e rotismi epicicloidali combinatori. Si ha infine l'architettura full elettrica, che non prevede l'utilizzo di motori a combustione interna, nella quale tutta l'energia è fornita da un accumulatore, in grado di alimentare la PTO elettrica e gli ausiliari, nonché di azionare la trazione, le PTO meccaniche e gli altri accessori mediante motori elettrici. Come nel caso dei veicoli industriali pesanti, per il caso delle trattrici di grossa taglia la soluzione basata su fuel cell appare come la più promettente per questa architettura.

L'effettiva capacità delle trattrici elettriche ed ibride di penetrare il mercato non è solamente conseguenza delle loro potenzialità di efficienza e di funzionalità, ma dipende anche dai contesti normativi e da dalle misure di sostegno e incentivazione, almeno nelle fasi transitorie.

L'impatto dell'elettrificazione delle trasmissioni agricole sui settori degli ingranaggi e dei componenti meccanici di trasmissione presenta analogie con l'automotive. All'inevitabile riduzione dei volumi produttivi, corrispondono requisiti più stringenti, derivanti dalle elevate velocità di rotazione dei motori elettrici, dalle coppie elevate e tipicamente nei due versi, nel caso in cui si abbiano cicli con fasi di recupero di energia. Le nuove architetture richiedono componenti con nuove geometrie e con specifiche NVH (Noise, Vibration, Harshness) che innescano ricadute sulle lavorazioni di taglio e finitura. Anche gli obiettivi di efficienza, ai quali contribuisce l'utilizzo di lubrificanti meno viscosi, indirizzano verso finitura superficiali più spinte, necessarie per prevenire fenomeni di avaria quali il micropitting.

Anche nel campo degli organi di trasmissione per le macchine agricole sono quindi in atto sviluppi che, se da un lato pongono nuove sfide, d'altro canto premieranno le aziende in grado di tenere il passo dell'innovazione. •